








**SUPPORTED CATALYST SYSTEM, PROCESS FOR ITS PRODUCTION AND ITS USE IN POLYMERISING OLEFINES**

**Patent number:** WO9711775  
**Publication date:** 1997-04-03  
**Inventor:** FRITZE CORNELIA (DE); BACHMANN BERND (DE); KUEBER FRANK (DE)  
**Applicant:** HOECHST AG (DE); EXXON CHEMICAL PATENTS INC (US); FRITZE CORNELIA (DE); BACHMANN BERND (DE); KUEBER FRANK (DE)  
**Classification:**  
- international: B01J  
- european: C08F10/00  
**Application number:** WO1996EP04071 19960918  
**Priority number(s):** EP19950115278 19950928

**Also published as:**

 WO9711775 (A3)  
 ~~US6274464 (B1)~~

**Cited documents:**

 EP0619326  
 WO9515815  
 EP0416928  
 WO9511263  
 EP0629632  
more >>

**Report a data error here**

**Abstract of WO9711775**

The present invention relates to a catalyst system containing at least one metallocene and at least one inertised support and preferably at least one co-catalyst. To produce the inertised support, at least one inorganic oxide is treated with at least one metal-organic compound, preferably in an inorganic solvent. The present invention also relates to a polymer with a melting point  $\geq 158$  DEG C, a regio error proportion  $< 0.2$  % and a triple activity  $> 98.0$  %.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b>  <b>B01J</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 97/11775</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 3. April 1997 (03.04.97)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP96/04071  <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 18. September 1996 (18.09.96)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 95115278.4 28. September 1995 (28.09.95) EP <b>(34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist:</b> DE usw.  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Brünigstrasse 50, D-65929 Frankfurt am Main (DE). EXXON CHEMICAL PATENTS INC. [US/US]; 5200 Bayway Drive, Baytown, TX 77520 (US).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> FRITZE, Comelia [DE/DE]; Geisenheimer Strasse 97, D-60529 Frankfurt am Main (DE). BACHMANN, Bernd [DE/DE]; Kreuzheck 4, D-65817 Eppstein (DE). KÜBER, Frank [DE/DE]; Bleibiskopfstrasse 10, D-61440 Oberursel (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> BR, CA, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
<b>(54) Title:</b> SUPPORTED CATALYST SYSTEM, PROCESS FOR ITS PRODUCTION AND ITS USE IN POLYMERISING OLEFINES		
<b>(54) Bezeichnung:</b> GETRÄGERTES KATALYSATORSYSTEM, VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG UND SEINE VERWENDUNG ZUR POLYMERISATION VON OLEFINEN		
<b>(57) Abstract</b>		
<p>The present invention relates to a catalyst system containing at least one metallocene and at least one inertised support and preferably at least one co-catalyst. To produce the inertised support, at least one inorganic oxide is treated with at least one metal-organic compound, preferably in an inorganic solvent. The present invention also relates to a polymer with a melting point <math>\geq 158^{\circ}\text{C}</math>, a regio error proportion <math>&lt; 0.2\%</math> and a triple activity <math>&gt; 98.0\%</math>.</p>		
<b>(57) Zusammenfassung</b>		
<p>Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Katalysatorsystem, das mindestens ein Metallocen und mindestens einen inertisierten Träger und bevorzugt mindestens einen Cokatalysator enthält. Der inertisierte Träger wird hergestellt, indem mindestens ein anorganisches Oxid mit mindestens einer metallorganischen Verbindung, bevorzugt in einem anorganischen Lösungsmittel, behandelt wird. Die vorliegende Erfindung bezieht sich weiter auf ein Polymer mit einem Schmelzpunkt <math>\geq 158^{\circ}\text{C}</math> und einem Anteil an Regiofehlern <math>&lt; 0,2\%</math> und einer Triadentaktivität <math>&gt; 98,0\%</math>.</p>		

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LX	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Geträgertes Katalysatorsystem, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung zur Polymerisation von Olefinen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein hochaktives geträgertes Katalysatorsystem, das vorteilhaft bei der Olefinpolymerisation eingesetzt werden kann und ein Verfahren zu seiner Herstellung sowie Polymere, die mit dem geträgerten Katalysatorsystem hergestellt werden.

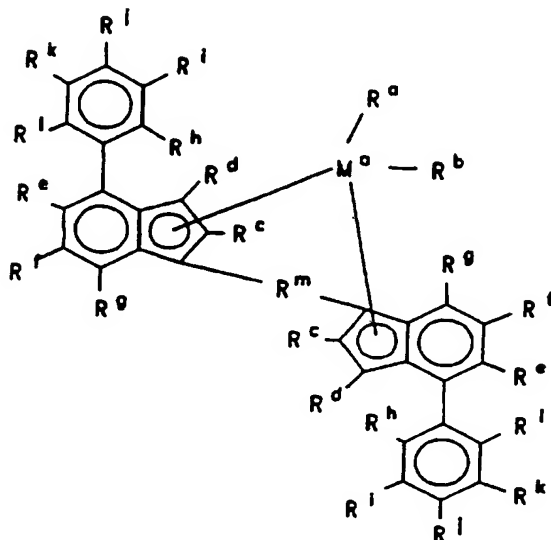
Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen mit Hilfe von löslichen, homogenen Katalysatorsystemen sind bekannt, bestehend aus einer Übergangsmetallkomponente vom Typ eines Metallocens und einer Cokatalysator-Komponente vom Typ eines Aluminoxans, einer Lewis-Säure oder einer ionischen Verbindung. Diese Katalysatoren liefern bei hoher Aktivität Polymere und Copolymere mit enger Molmassenverteilung.

Bei Polymerisationsverfahren mit löslichen, homogenen Katalysatorsystemen bilden sich starke Beläge an Reaktorwänden und Rührer aus, wenn das Polymer als Feststoff anfällt. Diese Beläge entstehen immer dann durch Agglomeration der Polymerpartikel, wenn Metallocen und/oder Cokatalysator gelöst in der Suspension vorliegen. Derartige Beläge in den Reaktorsystemen müssen regelmäßig entfernt werden, da diese rasch erhebliche Stärken erreichen, eine hohe Festigkeit besitzen und den Wärmeaustausch zum Kühlmedium verhindern.

Weiterhin sind homogene Katalysatorsysteme nicht für die Herstellung von Polyolefinen in der Gasphase einsetzbar.

Zur Vermeidung der Belagbildung im Reaktor sind geträgerte Katalysatorsysteme vorgeschlagen worden, bei denen das Metallocen und/oder die als Cokatalysator dienende Aluminiumverbindung auf einem anorganischen Trägermaterial fixiert werden.

Aus der EP 576 970 A1 ist ein Katalysatorsystem bekannt, das ein Metallocen der Formel



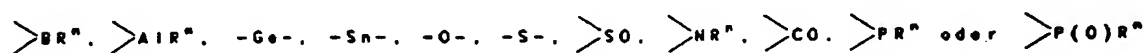
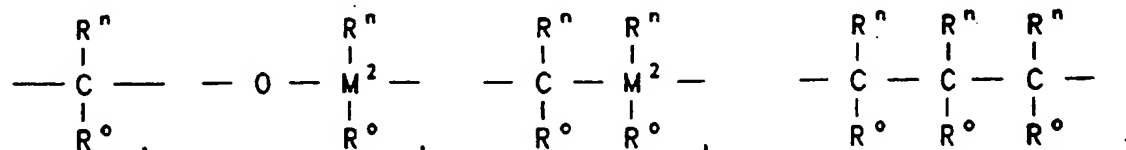
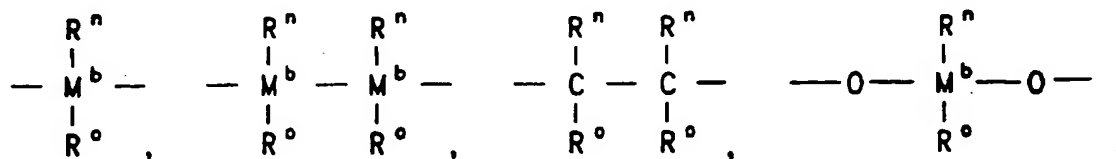
worin

$M^a$  ein Metall der Gruppe IVb, Vb oder VIb des Periodensystems ist,  $R^a$  und  $R^b$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxy-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryloxy-, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylaryl-, eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenyl-, eine OH-Gruppe oder ein Halogenatom bedeuten, die Reste  $R^c$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkylgruppe, die halogeniert sein kann, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Arylgruppe, eine  $-NR^p$ ,  $-SR^p$ ,  $-OSiR^p_3$ ,  $-SiR^p_3$ - oder  $-PR^p_2$ -Rest bedeuten, worin  $R^p$  ein Halogenatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkylgruppe oder eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Arylgruppe ist,

$R^d$  bis  $R^i$  gleich oder verschieden sind und die für  $R^c$  genannten Bedeutungen besitzen, oder benachbarte Reste  $R^d$  bis  $R^i$  mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere aromatische oder aliphatische Ringe bilden, oder die Reste  $R^e$  und  $R^h$  oder  $R^i$  mit den sie verbindenden Atomen einen aromatischen oder aliphatischen Ring bilden,

$R^m$

3



ist, wobei  $R^n$  und  $R^o$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Fluoralkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxy-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Fluoraryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryloxy-, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylaryl-, eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe bedeuten, oder  $R^n$  und  $R^o$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere Ringe bilden und  $M^b$  Silizium, Germanium oder Zinn ist und einen geträgerten Cokatalysator enthält.

Mit diesem Katalysatorsystem wird ein isotaktisches Polypropylen mit einem Schmelzpunkt unterhalb von  $157^\circ\text{C}$  erhalten.

Aus der EP 287 666 B1 ist ein Verfahren zur Polymerisation von Olefinen in Gegenwart eines Katalysators bekannt, der aus einer Verbindung eines Übergangsmetalls, eines anorganischen Trägers, eines Aluminoxans und einer Organoaluminiumverbindung mit einer anderen Kohlenwasserstoffgruppe als  $n$ -Alkylgruppen als feste Katalysatorkomponente besteht, wobei die Übergangsmetallverbindung angegeben wird durch die Formel



worin  $R^q$  eine Cycloalkadienylgruppe bedeutet,  $R^f$ ,  $R^s$  und  $R^t$  gleich oder verschieden sind und jeweils eine Cycloalkadienylgruppe, eine Arylgruppe, eine Alkylgruppe, eine Arylalkylgruppe, ein Halogenatom oder ein Wasserstoffatom bedeuten, Me Zirkonium, Titan oder Hafnium bedeutet,  $k$  1, 2, 3 oder 4 ist,  $l$ ,  $m$  und  $n$  0, 1, 2 oder 3 sind und  $k + l + m + n = 4$  ist.

Mit diesem Verfahren werden Polymere mit guten Ausbeuten erhalten.

Aus der EP 336 593 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines mit einem Träger versehenen Metallocen/Aluminoxan-Katalysators zur Olefinpolymerisation bekannt, bei dem Aluminiumtrialkyl und Wasser in Gegenwart eines wasserabsorbierenden Feststoffmaterials mit einem Molverhältnis von Aluminiumtrialkyl zu Wasser von 10:1 bis 1:1 umgesetzt werden und ein Metallocen eines Übergangmetalls zu der umgesetzten Mischung gegeben wird, wobei das Wasser vor der Umsetzung durch das Feststoffmaterial in einer Menge von 10 bis 50 Gew.-% absorbiert wird, das wasserhaltige Feststoffmaterial zu einer Lösung von Aluminiumtrialkyl gegeben wird und das Molverhältnis von Aluminium zu Metallocen-Übergangsmetall 1000:1 bis 1:1 beträgt.

Mit diesem Verfahren wird der Cokatalysator auf dem Träger immobilisiert. Es wird ein vorteilhaftes Molverhältnis von Aluminium zu Metallocen-Übergangsmetall erhalten.

Aus DE 4330667 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Katalysatorsystemen mit einem vorbehandelten Träger bekannt. Dabei wird das Trägermaterial mit einer Lösung von Triethylaluminium in Heptan umgesetzt. Bevorzugt werden Katalysatorsysteme mit einer Mischung aus mehreren Metallocenkomplexen und/oder eines Ziegler-Natta-Katalysatorsystems in der Polymerisation eingesetzt. Bei Verwendung von Metallocenkomplexen und Ziegler-Natta-Katalysatoren werden Polypropylene mit einem Schmelzpunkt von  $> 160^\circ\text{C}$  erhalten. Polypropylene mit Schmelzpunkten  $< 150^\circ\text{C}$  werden hergestellt,



wenn nur Metallocene als Katalysatoren verwendet werden.

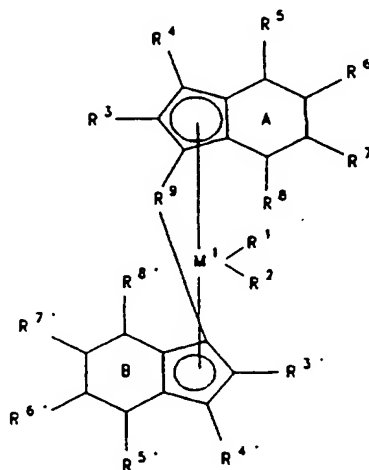
Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, ein hochaktives geträgertes Katalysatorsystem mit dem Polymere mit einer hohen Regio- und Stereoregularität erhalten werden und ein umweltschonendes und wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung der Polymere bereitzustellen.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein Katalysatorsystem gelöst, das mindestens ein Metallocen und mindestens einen inertisierten Träger enthält.

Das Katalysatorsystem wird erfindungsgemäß hergestellt, in dem mindestens ein Metallocen und mindestens ein inertisierter Träger gemischt werden.

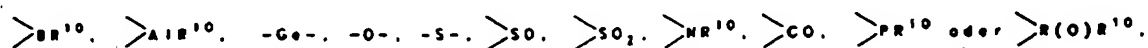
Als Metallocenkomponente des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems kann grundsätzlich jedes Metallocen dienen. Das Metallocen kann sowohl verbrückt als auch unverbrückt sein und gleiche oder verschiedene Liganden aufweisen. Bevorzugt sind Metallocene der Gruppe IVb des Periodensystems der Elemente, wie Titan, Zirkonium oder Hafnium, bevorzugt Zirkonium.

Es handelt sich bevorzugt um Metallocene der nachstehenden Formel I



( I )





wobei  $R^{10}$  und  $R^{11}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom oder eine  $C_1$ - $C_{40}$ -kohlenstoffhaltige Gruppe ist wie eine  $C_1$ - $C_{20}$ -Alkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Fluoralkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxy-, eine  $C_6$ - $C_{14}$ -Aryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Fluoraryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryloxy-, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylaryl-, oder eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe oder  $R^{10}$  und  $R^{11}$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere Ringe bilden und x eine ganze Zahl von Null bis 18 ist,

$M^2$  Silizium, Germanium oder Zinn ist, und die Ringe A und B gleich oder verschieden, gesättigt oder ungesättigt sind.

$R^9$  kann auch zwei Einheiten der Formel I miteinander verknüpfen.

Die den Verbindungen I entsprechenden 4,5,6,7-Tetrahydroindenylanaloga sind ebenfalls von Bedeutung.

In Formel I gilt bevorzugt, daß

$M^1$  Zirkonium ist,

$R^1$  und  $R^2$  gleich sind und für Methyl oder Chlor, insbesondere Chlor, stehen und  $R^9 = M^2R^{10}R^{11}$  ist, worin  $M^2$  Silizium oder Germanium ist und  $R^{10}$  sowie  $R^{11}$  eine  $C_1$ - $C_{20}$ -Kohlenwasserstoffgruppe, wie  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkyl oder  $C_6$ - $C_{14}$ -Aryl ist,

$R^5$  und  $R^{5'}$  bevorzugt gleich oder verschieden sind und eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Arylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{10}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylarylgruppe oder eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe bedeuten.

Die Indenyl- bzw. Tetrahydroindenylliganden der Metallocene der Formel I sind bevorzugt in 2-, 2,4-, 4,7-, 2,6-, 2,4,6-, 2,5,6-, 2,4,5,6- und 2,4,5,6,7-Stellung, insbesondere in 2,4-Stellung, substituiert. Bevorzugte Substituenten sind eine  $C_1$ - $C_4$ -Alkylgruppe wie z. B. Methyl, Ethyl oder Isopropyl oder eine  $C_6$ -

C<sub>10</sub>-Arylgruppe wie Phenyl, Naphthyl oder Mesityl. Die 2-Stellung ist bevorzugt durch eine C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylgruppe, wie z.B. Methyl oder Ethyl substituiert.

Besonders bevorzugt sind Zirconocene, die Tetrahydroindenylderivate und Indenylderivate als Liganden tragen.

Von besonderer Bedeutung sind weiterhin Metallocene der Formel I, bei denen die Substituenten in 4- und 5-Stellung der Indenylreste (R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> sowie R<sup>5'</sup> und R<sup>6'</sup>) zusammen mit den sie verbindenden Atomen ein Ringsystem bilden, bevorzugt einen Sechsring. Dieses kondensierte Ringsystem kann ebenfalls durch Reste in der Bedeutung von R<sup>3</sup> - R<sup>8</sup> substituiert sein. Beispielhaft für solche Verbindungen I ist Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzoindenyl)zirkoniumdichlorid zu nennen.

Inbesondere bevorzugt sind solche Verbindungen der Formel I, die in 4-Stellung eine C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub>-Arylgruppe und in 2-Stellung eine C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylgruppe tragen. Beispielhaft für solche Verbindungen der Formel I ist Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid.

Beispiele für die Metallocenkomponente des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems sind:

Dimethylsilandiylbis(indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(4-naphthyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-t-butyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4- $\alpha$ -acenaphth-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2,4-dimethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-ethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2,4,6-trimethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2,5,6-trimethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2,4,7-trimethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-t-butyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-(methylbenzo)-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-(tetramethylbenzo)-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4- $\alpha$ -acenaphth-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,2-Ethandiylbis(2,4,7-trimethyl-indenyl)zirkoniumdichlorid

1,2-Ethandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdichlorid  
Bis(butylcyclopentadienyl)Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Bis(methylindenyl)Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-indenyl)Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-indenyl)Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)-  
Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)-Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-  
Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-indenyl)-Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiylbis(indenyl)-Zr<sup>+</sup>CH<sub>2</sub>CHCHCH<sub>2</sub>B<sup>-</sup>(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>  
Dimethylsilandiyl(tert.-Butylamido)(tetramethylcyclopentadienyl)-  
zirkoniumdichlorid  
[Tris(pentafluorophenyl)(cyclopentadienyliden)borato](cyclopentadienyl)-  
1,2,3,4-tetraphenylbuta-1,3-dienylzirkonium  
Dimethylsilandiyl-[tris(pentafluorophenyl)(2-methyl-4-phenylindenyliden)-  
borato](2-methyl-4-phenylindenyl)-1,2,3,4-tetraphenylbuta-1,3-dienylzirkonium  
Dimethylsilandiyl-[tris(trifluoromethyl)(2-methylbenzindenyliden)borato](2-  
methylbenzindenyl)-1,2,3,4-tetraphenylbuta-1,3-dienylzirkonium  
Dimethylsilandiyl-[tris(pentafluorophenyl)(2-methyl-indenyliden)borato](2-  
methyl-indenyl)-1,2,3,4-tetraphenylbuta-1,3-dienylzirkonium  
Dimethylsilandiylbis(indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(4-naphthyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-benzo-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(2-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdimethyl

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-t-butyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-ethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4- $\alpha$ -acenaphth-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2,4-dimethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-ethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2,4,6-trimethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2,5,6-trimethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2,4,7-trimethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-5-t-butyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-(methylbenzo)-indenyl)zirkoniumdi-  
methyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4,5-(tetramethylbenzo)-indenyl)-  
zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-4- $\alpha$ -acenaphth-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
Methyl(phenyl)silandiylbis(2-methyl-5-isobutyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,6 diisopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl

1,4-Butandiylbis(2-methyl-4-isopropyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,2-Ethandiylbis(2,4,7-trimethyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,2-Ethandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdimethyl  
1,4-Butandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdimethyl

Besonders bevorzugt sind:

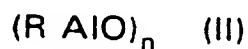
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdichlorid,  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdichlorid,  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid,  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4- $\alpha$ -acenaphth-indenyl)zirkoniumdichlorid,  
Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid,  
Dimethylsilandiybis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid,  
Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid.

Herstellungsverfahren für Metallocene der Formel I sind z.B. in Journal of Organometallic Chem. 288 (1985) 63 - 67 und der dort zitierten Dokumente beschrieben.

Das erfindungsgemäße Katalysatorsystem enthält vorzugsweise zusätzlich mindestens einen Cokatalysator.

Die Cokatalysatorkomponente, die erfindungsgemäß im Katalysatorsystem enthalten sein kann, enthält mindestens eine Verbindung vom Typ eines Aluminoxans oder einer Lewis-Säure oder einer ionischen Verbindung, die durch Reaktion mit einem Metallocen dieses in eine kationische Verbindung überführt.

Als Aluminoxan wird bevorzugt eine Verbindung der allgemeinen Formel II

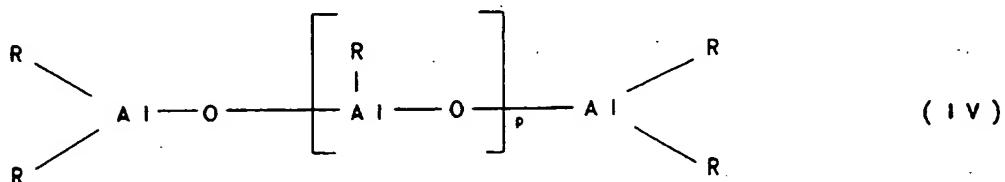




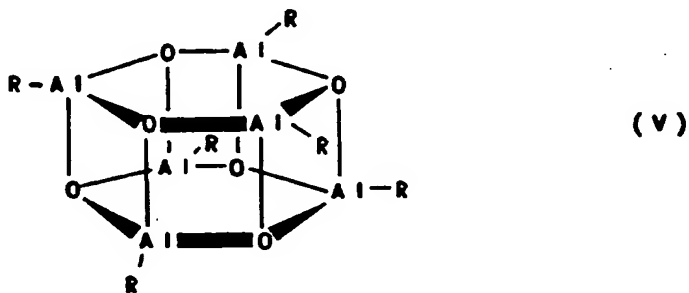
verwendet. Aluminoxane können z.B. cyclisch wie in Formel III



oder linear wie in Formel IV



oder vom Cluster-Typ wie in Formel V sein, wie sie in neuerer Literatur beschrieben werden; vgl. JACS 117 (1995), 6465-74, Organometallics 13 (1994), 2957-2969.



Die Reste R in den Formeln (II), (III), (IV) und (V) können gleich oder verschieden sein und eine C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>-Kohlenwasserstoffgruppe wie eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>18</sub>-Arylgruppe, Benzyl oder Wasserstoff bedeuten, und p eine ganze Zahl von 2 bis 50, bevorzugt 10 bis 35 bedeuten.

Bevorzugt sind die Reste R gleich und bedeuten Methyl, Isobutyl, n-Butyl, Phenyl oder Benzyl, besonders bevorzugt Methyl.

Sind die Reste R unterschiedlich, so sind sie bevorzugt Methyl und Wasserstoff, Methyl und Isobutyl oder Methyl und n-Butyl, wobei Wasserstoff bzw. Isobutyl oder n-Butyl bevorzugt zu 0,01 - 40 % (Zahl der Reste R) enthalten sind.

Das Aluminoxan kann auf verschiedene Arten nach bekannten Verfahren hergestellt werden. Eine der Methoden ist beispielsweise, daß eine Aluminiumkohlenwasserstoffverbindung und/oder eine Hydridoaluminiumkohlenwasserstoffverbindung mit Wasser (gasförmig, fest, flüssig oder gebunden - beispielsweise als Kristallwasser) in einem inerten Lösungsmittel (wie z. B. Toluol) umgesetzt wird. Zur Herstellung eines Aluminoxans mit verschiedenen Alkylgruppen R werden entsprechend der gewünschten Zusammensetzung und Reaktivität zwei verschiedene Aluminiumtrialkyle ( $\text{AlR}_3 + \text{AlR}'_3$ ) mit Wasser umgesetzt (vgl. S. Pasynkiewicz, Polyhedron 9 (1990) 429 und EP-A 302 424).

Unabhängig von der Art der Herstellung ist allen Aluminoxanlösungen ein wechselnder Gehalt an nicht umgesetzter Aluminiumausgangsverbindung, die in freier Form oder als Addukt vorliegt, gemeinsam.

Als Lewis-Säure werden bevorzugt mindestens eine bor- oder aluminiumorganische Verbindung eingesetzt, die  $\text{C}_1$ - $\text{C}_{20}$ -kohlenstoffhaltige Gruppen enthalten, wie verzweigte oder unverzweigte Alkyl- oder Halogenalkyl, wie z.B. Methyl, Propyl, Isopropyl, Isobutyl, Trifluormethyl, ungesättigte Gruppen, wie Aryl oder Halogenaryl, wie Phenyl, Toly, Benzylgruppen, p-Fluorophenyl, 3,5-Difluorophenyl, Pentachlorophenyl, Pentafluorophenyl, 3,4,5 Trifluorophenyl und 3,5 Di(trifluoromethyl)phenyl.

Besonders bevorzugt sind bororganische Verbindungen.

Beispiele für Lewis-Säuren sind Trifluoroboran, Triphenylboran, Tris(4-fluorophenyl)boran, Tris(3,5-difluorophenyl)boran, Tris(4-fluoromethylphenyl)boran, Tris(pentafluorophenyl)boran, Tris(tolyl)boran, Tris(3,5-dimethylphenyl)boran, Tris(3,5-difluorophenyl)boran und/oder Tris(3,4,5-trifluorophenyl)boran. Insbesondere bevorzugt ist Tris(pentafluorophenyl)boran.

Als ionische Cokatalysatoren werden bevorzugt Verbindungen eingesetzt, die ein nicht koordinierendes Anion enthalten, wie beispielsweise Tetrakis(pentafluorophenyl)borate, Tetraphenylborate,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{CF}_3\text{SO}_3^-$  oder  $\text{ClO}_4^-$ . Als kationisches Gegenion werden Lewis-Basen wie z.B. Methylamin, Anilin, Dimethylamin, Diethylamin, N-Methylanilin, Diphenylamin, N,N-Dimethylanilin, Trimethylamin, Triethylamin, Tri-n-butylamin, Methyldiphenylamin, Pyridin, p-Bromo-N,N-dimethylanilin, p-Nitro-N,N-dimethylanilin, Triethylphosphin, Triphenylphosphin, Diphenylphosphin, Tetrahydrothiophen und Triphenylcarbenium eingesetzt.

Beispiele für solche erfindungsgemäßen ionischen Verbindungen sind

Triethylammoniumtetra(phenyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(phenyl)borat,  
Trimethylammoniumtetra(tolyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(tolyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(pentafluorophenyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(pentafluorophenyl)aluminat,  
Tripropylammoniumtetra(dimethylphenyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(trifluoromethylphenyl)borat,  
Tributylammoniumtetra(4-fluorophenyl)borat,  
N,N-Dimethylaniliniumtetra(phenyl)borat,  
N,N-Diethylaniliniumtetra(phenyl)borat,  
N,N-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borate,

N,N-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)aluminat,  
Di(propyl)ammoniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat,  
Di(cyclohexyl)ammoniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat,  
Triphenylphosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
Triethylphosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
Diphenylphosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
Tri(methylphenyl)phosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
Tri(dimethylphenyl)phosphoniumtetrakis(phenyl)borat,  
Triphenylcarbeniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat,  
Triphenylcarbeniumtetrakis(pentafluorophenyl)aluminat,  
Triphenylcarbeniumtetrakis(phenyl)aluminat,  
Ferroceniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat und/oder  
Ferroceniumtetrakis(pentafluorophenyl)aluminat.  
Bevorzugt sind Triphenylcarbeniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat und/oder  
N,N-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat.  
Es können auch Gemische mindestens einer Lewis-Säure und mindestens einer  
ionischen Verbindung eingesetzt werden.

Als Cokatalysatorkomponenten sind ebenfalls Boran- oder Carboran-  
Verbindungen wie z.B. 7,8-Dicarbaundecaboran(13),  
Undecahydrid-7,8-dimethyl-7,8-dicarbaundecaboran,  
Dodecahydrid-1-phenyl-1,3-dicarbanonaboran,  
Tri(butyl)ammoniumundecahydrid-8-ethyl-7,9-dicarbaundecaborat,  
4-Carbanonaboran(14)Bis(tri(butyl)ammonium)nonaborat,  
Bis(tri(butyl)ammonium)undecaborat,  
Bis(tri(butyl)ammonium)dodecaborat,  
Bis(tri(butyl)ammonium)decachlorodecaborat,  
Tri(butyl)ammonium-1-carbadecaborate,  
Tri(butyl)ammonium-1-carbadodecaborate,  
Tri(butyl)ammonium-1-trimethylsilyl-1-carbadecaborate,  
Tri(butyl)ammoniumbis(nonahydrid-1,3-dicarbonnonaborat)cobaltate(III),

Tri(butyl)ammoniumbis(undecahydrid-7,8-dicarbaundecaborat)ferrat(III)  
von Bedeutung.

Die Trägerkomponente des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems ist ein inertisierter Träger, bevorzugt mindestens ein anorganisches Oxid, wie z.B. Siliciumoxid, Aluminiumoxid, Zeolithe, MgO, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, ZnO, ThO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, BaSO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O insbesondere Siliziumoxid und/oder Aluminiumoxid. Der Träger weist dadurch eine spezifische Oberfläche im Bereich von 10 bis 1000 m<sup>2</sup>/g, bevorzugt von 150 bis 500 m<sup>2</sup>/g, besonders bevorzugt von 200 bis 400 m<sup>2</sup>/g auf. Die mittlere Partikelgröße des Trägers ist von 1 bis 500 µm, bevorzugt von 5 bis 350 µm, besonders bevorzugt von 10 bis 200 µm. Das Porenvolumen des Trägers ist von 0,5 bis 4,0 ml/g, bevorzugt von 1,0 bis 3,5 ml/g, ganz besonders bevorzugt von 1,2 bis 3 ml/g. Diese Trägerkomponente ist mit mindestens einer metallorganischen, bevorzugt aluminiumorganischen Verbindung inertisiert. Die poröse Struktur des Trägers bewirkt einen Anteil an Hohlräumen (Porenvolumen) im Trägerpartikel, des Trägermaterials oder des Träger-Formkörpers.

Die Form der Poren ist unregelmäßig, häufig sphärisch ausgebildet. Die Poren sind durch kleine Porenöffnungen miteinander z. T. verbunden. Der Porendurchmesser beträgt etwa 2 bis 50 nm.

Die Partikelform des porösen Trägers ist abhängig von der Nachbehandlung und kann irregulär oder sphärisch sein. Die Träger-Teilchengrößen können z. B. durch kryogene Mahlung und/oder Siebung beliebig eingestellt werden.

Der erfindungsgemäße inertisierte Träger enthält ein Produkt aus einem oder mehreren anorganischen Oxiden, bevorzugt Siliziumoxid und/oder Aluminiumoxid sowie eine metallorganischen, bevorzugt aluminiumorganischen Verbindung.

Erfindungsgemäß ist auch vorgesehen, daß das Trägermaterial auf Temperaturen  $< 800^{\circ}\text{C}$  erhitzt oder dessen Oberfläche silanisiert oder verestert wird. Der erfindungsgemäße Träger wird bei  $100^{\circ}\text{C}$  bis  $800^{\circ}\text{C}$  bei 0.01 bar bis 0.001 bar oder bei  $100^{\circ}\text{C}$  bis  $800^{\circ}\text{C}$  im Inertgasstrom für 5-15 h getrocknet, um physisorbiertes Wasser zu entfernen. Das getrocknete Trägermaterial enthält  $< 1.5$  Gew % Wasser und 0.1 bis 6 Gew % Silanolgruppen. Der Wassergehalt wird durch die Gewichtsreduktion nach einer Trocknung bei  $200^{\circ}\text{C}$ , für 4 h bestimmt. Der Anteil an Silanolgruppen auf der Oberfläche kann durch DTA (Differentielle Thermogravimetrische Analyse) oder nach folgender Formel bestimmt werden.  $\text{Gew\%} = [(\text{SiO}_2 \text{ getrocknet bei } 200^{\circ}\text{C, 4 h}) - (\text{SiO}_2 \text{ getrocknet bei } 1000^{\circ}\text{C, 20 h})] / (\text{SiO}_2 \text{ getrocknet bei } 200^{\circ}\text{C, 4 h}) \cdot 100$ .

Das so getrocknete Trägermaterial wird mit mindestens einer metallorganischen Verbindung umgesetzt. Die metallorganische Verbindung ist bevorzugt eine aluminiumorganische Verbindung. Insbesondere bevorzugt sind lineare, cyclische oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte  $\text{C}_1$ - $\text{C}_9$ -Kohlenstoffhaltige Gruppen enthaltende aluminiumorganischen Verbindungen, wie Trimethylaluminium, Triethylaluminium, Triisobutylaluminium, Methylaluminoxan, Tripropylaluminium, Tri-n-butylaluminium, Tri-sec-butylaluminium, Isobutylaluminoxan, Trihexylaluminium, Tridodecylaluminium, Triphenylaluminium, Butylaluminoxan, Tri(cyclohexyl)aluminium, Dimethylaluminiummethoxid, Diethylaluminiummethoxid, Diisobutylaluminiummethoxid, Diethylaluminiumtrimethylsilyloxid, Lithiumbutyldiisobutylaluminium, Lithiumtri-tert-butoxyaluminium, Lithium-tert-butyldiisobutylaluminium und/oder Diisobutylaluminiumtrimethylsilyloxid. Weiter vorgesehen sind Magnesium- oder bororganische Verbindungen wie z. B. Diethylmagnesium, Diisopropylmagnesium, Dipropylmagnesium, Dibutylmagnesium, Dioctylmagnesium, Dihexylmagnesium, Didodecylmagnesium, Dicyclohexylmagnesium, Dibenzylmagnesium, Ditolylmagnesium, Dixylmagnesium, Ethylmagnesiummethoxid, Octylmagnesiummethoxid,

Octylmagnesiumoctoxid, Ethylpropylmagnesium, Ethylbutylmagnesium, Amylhexylmagnesium, n-Butyl-sec-butylmagnesium, Butyloctylmagnesium, Triethylboran, Triisobutylboran, Tripropylboran, Tri-n-butylboran, Tri-sec-butylboran, Trihexylboran, Triphenylboran, Tri(cyclohexyl)boran, Dimethylmethoxyboran, Diisobutylmethoxyboran, Diethyltrimethylsilyloxyboran, Lithiumbutyldiisobutylboran, Lithiumtri-tert-butoxyboran, Lithium-tert-butyldiisobutylboran, 2-Biphenylboronsäure, Tris(trimethylsilylmethyl)boran und/oder Phenylboronsäure.

Ganz besonders bevorzugt verwendet werden Trimethylaluminium, Tributylaluminium, Triethylboran und/oder Tributylboran nicht aber Triethylaluminium.

Die Inertisierung des Trägers erfolgt in der Weise, daß man das Trägermaterial in einem geeigneten Lösungsmittel, wie Pentan, Hexan, Heptan, Toluol oder Dichlormethan, suspendiert und zu dieser Suspension eine Lösung der aluminiumorganischen Verbindung, z.B. eine Aluminiumalkyl-Lösung, langsam zutropfen läßt und durch Verrühren zur Reaktion bringt oder man zum trocknen Trägermaterial unter Rühren eine Lösung der aluminiumorganischen Verbindung, z.B. eine Aluminiumalkyl-Lösung, langsam zutropfen läßt und erst dann mit einem geeigneten Lösungsmittel eine Suspension herstellt.

Die Reaktionstemperatur beträgt bevorzugt -20 bis +150°C, insbesondere 15-40°C. Die Reaktionszeit beträgt 1 bis 120 Minuten, bevorzugt 10-30 Minuten. Es wird vorzugsweise bei einer Aluminiumkonzentration von größer 0,01 mol/Liter, insbesondere größer 0,5 mol/Liter gearbeitet. Verwendet werden bevorzugt 0,01 bis 0,1 mol Aluminium-Verbindung pro g Trägermaterial. Die Reaktion wird unter Inertbedingungen durchgeführt.

Danach wird vom Lösungsmittel getrennt. Der Rückstand zweimal mit einem geeigneten Lösungsmittel wie Pentan, Hexan, Heptan, Toluol oder Dichlormethan, gewaschen und gegebenenfalls im Ölpumpenvakuum bei 20 bis

40°C und 0.01 bis 0.001 bar getrocknet. Man erhält einen erfindungsgemäßen inertisierten Träger, der dadurch charakterisiert ist, daß dessen Anteil an Hydroxylgruppen auf der Trägeroberfläche die durch die zuvor beschriebene Behandlung reduziert worden ist. Der Anteil an Silanolgruppen auf einer inertisierten Silicaoberfläche ist z. B. auf < 2 Gew%, bevorzugt < 1.5 Gew% gesunken.

Erfindungsgemäß bedeutet der Ausdruck inertisierter Träger einen Träger, der wie vorstehend beschreiben behandelt worden ist.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems wird die inertisierte Trägerkomponente mit mindestens einer Metallocen- und bevorzugt mit mindestens einer Cokatalysatorkomponente umgesetzt. Die Reihenfolge der Umsetzung ist dabei unerheblich. Die Umsetzung erfolgt in einem geeigneten Lösungsmittel wie Pentan, Heptan, Toluol, Dichlormethan oder Dichlorbenzol, in dem die inertisierte Trägerkomponente suspendiert wird und eine Lösung der Metallocen- und Cokatalysatorkomponente zugetropft wird oder bevorzugt so, daß 110 bis 370 % des Porenvolumens der Trägerkomponente als Lösung der Metallocen- und Cokatalysatorkomponente insgesamt zugegeben werden. Die Herstellung des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems wird bei -20 bis 150°C, bevorzugt bei 20 bis 50°C und einer Kontaktzeit zwischen 15 Minuten und 25 Stunden, bevorzugt zwischen 15 Minuten und 5 Stunden durchgeführt.

Man erhält das erfindungsgemäße Katalysatorsystem mit einem Metallocengehalt, bevorzugt Zirkoniumgehalt von 0.001 bis 2 mmol Zr/g<sub>Träger</sub>, bevorzugt von 0.01 bis 0.5 mmol Zr/g<sub>Träger</sub>, besonders bevorzugt 0.01 bis 0.1 mmol Zr/g<sub>Träger</sub> und einem Aluminiumgehalt von 0.001 bis 0.1 mol Al/g<sub>Träger</sub>, bevorzugt von 1 bis 50 mmol Al/g<sub>Träger</sub>. Das Aluminium/Zirkoniumverhältnis liegt von 50 : 1 bis 1000 : 1 (Al : Zr), bevorzugt von 400 : 1 bis 700 : 1 (Al:Zr).



Mit dem erfindungsgemäßen Katalysatorsystem werden Polymere, wie Polypropylen mit außerordentlich hoher Stereo- und Regiospezifität erhalten.

Besonders charakteristisch für die Stereo- und Regiospezifität von Polymeren, insbesondere von Polypropylen, ist z.B. die Triaden-Taktizität (TT) und der Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten (RI), die sich aus den  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren ermitteln lassen.

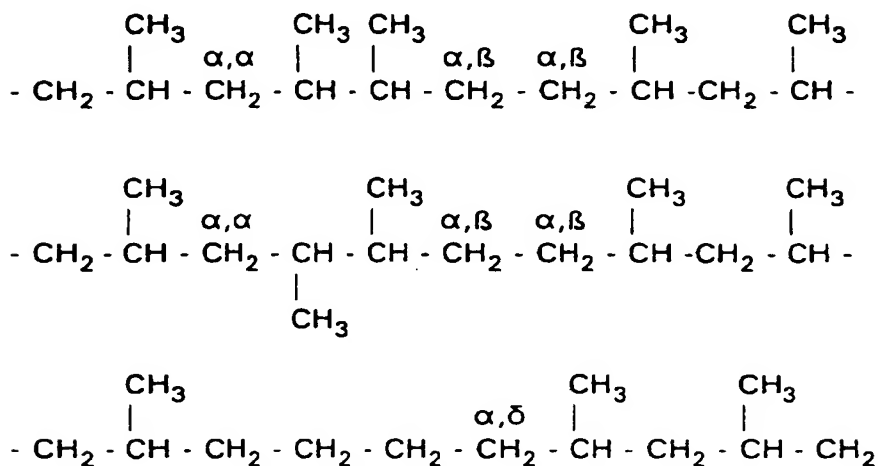
Die  $^{13}\text{C}$ -NMR- Spektren werden in einem Gemisch aus Hexachlorbutadien und Tetrachlorethan- $\text{d}_2$  bei erhöhter Temperatur (365 K) gemessen. Alle  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren der gemessenen Polypropylen-Proben werden auf das Resonanzsignal von Tetrachlorethan- $\text{d}_2$  ( $\delta = 73.81 \text{ ppm}$ ) geeicht.

Zur Bestimmung der Triaden-Taktizität des Polypropylens werden die Methyl-Resonanzsignale im  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrum zwischen 23 und 16 ppm betrachtet; vgl. J. C. Randall, Polymer Sequence Determination: Carbon-13 NMR Method, Academic Press New York 1978; A. Zambelli, P. Locatelli, G. Bajo, F. A. Bovey, Macromolecules 8 (1975), 687-689; H. N. Cheng, J. A. Ewen, Makromol. Chem. 190 (1989), 1931-1943. Drei aufeinander folgende 1-2-insertierte Propeneinheiten, deren Methylgruppen in der "Fischer-Projektion" auf der gleichen Seite angeordnet sind, bezeichnet man als mm - Triade ( $\delta = 21.0 \text{ ppm}$  bis  $22.0 \text{ ppm}$ ). Zeigt nur die zweite Methylgruppe der drei aufeinander folgenden Propeneinheiten zur anderen Seite, spricht man von einer rr-Triade ( $\delta = 19.5 \text{ ppm}$  bis  $20.3 \text{ ppm}$ ) und zeigt nur die dritte Methylgruppe der drei aufeinander folgenden Propeneinheiten zur anderen Seite, von einer mr-Triade ( $\delta = 20.3 \text{ ppm}$  bis  $21.0 \text{ ppm}$ ). Die Triaden-Taktizität berechnet man nach folgender Formel:

$$\text{TT (\%)} = \text{mm} / (\text{mm} + \text{mr} + \text{rr}) \cdot 100$$

Wird eine Propeneinheit invers in die wachsende Polymerkette insertiert, spricht man von einer 2-1-Insertion; vgl. T. Tsutsui, N. Ishimaru, A. Mizuno,

A. Toyota, N. Kashiwa, Polymer 30, (1989), 1350-56. Folgende verschiedene strukturelle Anordnungen sind möglich:



Der Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten (RI) kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$\text{RI (\%)} = 0.5 \, I_{\alpha, \beta} (I_{\alpha, \alpha} + I_{\alpha, \beta} + I_{\alpha, \delta}) \cdot 100,$$

wobei

$I_{\alpha, \alpha}$  die Summe der Intensitäten der Resonanzsignale bei  $\delta = 41.84, 42.92$  und  $46.22$  ppm,

$I_{\alpha, \beta}$  die Summe der Intensitäten der Resonanzsignale bei  $\delta = 30.13, 32.12, 35.11$  und  $35.57$  ppm

sowie

$I_{\alpha, \delta}$  die Intensität des Resonanzsignals bei  $\delta = 37.08$  ppm bedeuten.

Eine besonders hohe Regiospezifität bedingt auch einen besonders hohen Schmelzpunkt des Polymers, insbesondere des isotaktischen Polypropylens. Das isotaktische Polypropylen, das mit dem erfindungsgemäßen Katalysatorsystem hergestellt worden ist, zeichnet sich durch einen Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten  $\text{RI} < 0.2\%$ , vorzugsweise  $< 0.1\%$  bei einer Triaden-Taktizität

TT > 98.0% und einen Schmelzpunkt > 158°C, vorzugsweise > 160°C aus, wobei  $M_w/M_n$  des erfindungsgemäßen Polypropylens zwischen 2.5 und 3.5 liegt.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins durch Polymerisation eines oder mehrerer Olefine in Gegenwart des erfindungsgemäßen Katalystorsystems, enthaltend mindestens einen inertisierten Trägers. Unter dem Begriff Polymerisation wird eine Homopolymerisation wie auch eine Copolymerisation verstanden.

Bevorzugt werden Olefine der Formel  $R^U-CH=CH-R^V$  polymerisiert, worin  $R^U$  und  $R^V$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen kohlenstoffhaltigen Rest mit 1 bis 20 C-Atomen, insbesondere 1 bis 10 C-Atomen, bedeuten, und  $R^U$  und  $R^V$  zusammen mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere Ringe bilden können. Beispiele für solche Olefine sind 1-Olefine mit 2 bis 40, vorzugsweise 2 bis 10 C-Atomen, wie Ethylen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 4-Methyl-1-penten oder 1-Octen, Styrol, Diene wie 1,3-Butadien, 1,4-Hexadien, Vinylnorbornen oder Norbornadien und cyclische Olefine wie Norbornen, Tetracyclododecen oder Methylnorbornen. Bevorzugt werden in dem erfindungsgemäßen Verfahren Ethen oder Propen homopolymerisiert, oder Ethen mit einem oder mehreren 1-Olefinen mit 3 bis 20 C-Atomen, wie Propen, und/oder einem oder mehreren Dienen mit 4 bis 20 C-Atomen, wie 1,4-Butadien oder Norbornadien, copolymerisiert. Beispiele solcher Copolymere sind Ethen/Propen-Copolymere und Ethen/Propen/1,4-Hexadien-Copolymere.

Die Polymerisation wird bevorzugt bei einer Temperatur von -60 bis 250°C, besonders bevorzugt 50 bis 200°C, durchgeführt. Der Druck beträgt bevorzugt 0,5 bis 2000 bar, besonders bevorzugt 5 bis 64 bar.

Die Polymerisationszeit beträgt von 10 Minuten bis 10 Stunden, bevorzugt von 30 Minuten bis 120 Minuten.

Die Polymerisation kann in Lösung, in Masse, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig durchgeführt werden.

Bevorzugt enthält das in dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Katalysatorsystem eine Übergangsmetallverbindung der Metallocenkomponente. Es können auch Mischungen zweier oder mehrerer Übergangsmetallverbindungen der Metallocenkomponente eingesetzt werden, z.B. zur Herstellung von Polyolefinen mit breiter oder multimodaler Molmassenverteilung und sogenannten Reaktorblends.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Katalysatorsystems kann eine Vorpolymerisation erfolgen. Zur Vorpolymerisation wird bevorzugt das (oder eines der) in der Polymerisation eingesetzte(n) Olefin(e) verwendet.

Das geträgerte Katalysatorsystem kann als Pulver oder noch mit Lösemittel behaftet in einem inerten Suspensionsmittel wieder resuspendiert werden. Die Suspension kann in das Polymerisationssystem eingeführt werden.

Vor der Zugabe des erfindungsgemäßen geträgerten Katalysatorsystems in das Polymerisationssystem ist eine Reinigung des Olefins mit einer Aluminiumalkylverbindung, wie beispielsweise Trimethylaluminium, Triethylaluminium, Triisobutylaluminium, Trioctylaluminium, Isoprenylaluminium oder Aluminoxane zur Inertisierung des Polymerisationssystems (beispielsweise zur Abtrennung vorhandener Katalysatorgifte im Olefin) vorteilhaft. Diese Reinigung kann sowohl im Polymerisationssystem selbst erfolgen, oder das Olefin wird vor der Zugabe in das Polymerisationssystem mit der Al-Verbindung in Kontakt gebracht und anschließend wieder getrennt. Wird diese Reinigung im

Polymerisationssystem selbst durchgeführt, wird die Aluminiumalkylverbindung in einer Konzentration von 0,01 bis 100 mmol Al pro kg Reaktorinhalt dem Polymerisationssystem zugesetzt. Bevorzugt werden Triisobutylaluminium und Triethylaluminium in einer Konzentration von 0,1 bis 10 mmol Al pro kg Reaktorinhalt eingesetzt.

Als Molmassenregler und/oder zur Steigerung der Aktivität wird, falls erforderlich, Wasserstoff zugegeben. Der Gesamtdruck im Polymerisationssystem beträgt 0,5 bis 2500 bar, bevorzugt 2 bis 1500 bar.

Dabei wird das Katalysatorsystem in einer Konzentration, bezogen auf das Übergangsmetall von bevorzugt  $10^{-3}$  bis  $10^{-8}$ , besonders bevorzugt  $10^{-4}$  bis  $10^{-7}$  mol Übergangsmetall pro  $\text{dm}^3$  Lösemittel bzw. pro  $\text{dm}^3$  Reaktorvolumen angewendet.

Wenn die Polymerisation als Suspensions- oder Lösungspolymerisation durchgeführt wird, wird ein für das Ziegler-Niederdruckverfahren gebräuchliches inertes Lösemittel verwendet. Beispielsweise arbeitet man in einem aliphatischen oder cycloaliphatischen Kohlenwasserstoff; als solcher sei beispielsweise Propan, Butan, Hexan, Heptan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan genannt. Weiterhin kann eine Benzin- bzw. hydrierte Dieselölfraction benutzt werden. Brauchbar ist auch Toluol. Bevorzugt wird im flüssigen Monomeren polymerisiert.

Werden inerte Lösemittel verwendet, werden die Monomeren gasförmig oder flüssig zudosiert.

Die Dauer der Polymerisation ist beliebig, da das erfindungsgemäß zu verwendende Katalysatorsystem einen nur geringen zeitabhängigen Abfall der Polymerisationsaktivität zeigt.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Polymere sind insbesondere zur Herstellung von Formkörpern wie Folien, Platten oder Großhohlkörpern (z.B. Rohre) geeignet.

Mit dem erfindungsgemäßen Katalysatorsystem wird eine Katalysatoraktivität von 170 bis 250 kg PP/g Metallocen  $xh$  erreicht. Die erfindungsgemäßen Polymere weisen Schmelzpunkte von 158 bis 165°C auf. Die erfindungsgemäßen Polymere weisen Triaden Taktizitäten von 98,0 bis 99,5 % und Regiofehler von 0,05 bis 0,12 % auf.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung und Beispielen näher erläutert.

Die Zeichnung besteht aus Figur 1 und Figur 2.

Fig. 1 zeigt Ausschnitte eines  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrums (von 23 bis 13 ppm und von 47 bis 27 ppm) eines Polypropylens, das mit dem erfindungsgemäßen geträgerten Katalysator nach Beispiel 12 hergestellt wurde.

Fig. 2 zeigt Ausschnitte eines  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrums (von 23 bis 13 ppm und von 47 bis 27 ppm) eines Polypropylens, das mit geträgertem Katalysator "MAO auf  $\text{SiO}_2$ " analog EP 576 970 A1 nach Vergleichsbeispiel 4 hergestellt wurde.

Die Messung der  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren wurde in einer Mischung aus  $\text{C}_4\text{Cl}_6$  und  $\text{C}_2\text{D}_2\text{Cl}_4$  bei 365 K und 100,6 MHz an einem Brucker AM 400 durchgeführt.

Aus der Tabelle 1 gehen die Auswertungen relevanter Resonanzsignale der  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren hervor.

Tabelle 1

		Peaks							
Probe 1 (Fig. 1)	ppm	16,89	17,12	19,1 0	20,7	21,47	29,91	35,35	41,62 8
	Integral	0,215	0,215	0,05	1,00	68,61	0,05	0,04	68,8 3
		Peaks							
Probe 2 (Fig. 2)	ppm	16,89	17,13	19,1 0	20,7 0	21,48	29,91	35,37	41,3 8
	Integral	0,395	0,395	1,00	2,66	64,80	0,30	0,31	70,3 3

Der Vergleich der NMR-Spektren der Proben 1 und 2 zeigt, daß sich für Probe 1 ein deutlich geringerer Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten ( $RI = 0.06 \%$ ) ergibt als für Probe 2 ( $RI = 0.43 \%$ ). Das ist der Beweis für den niedrigeren Anteil an Regiofehlern in der Probe 1 verglichen mit der Probe 2.

#### Beispiele

Allgemeine Angaben: Die Herstellung und Handhabung der organometallischen Verbindungen erfolgte unter Ausschluß von Luft und Feuchtigkeit unter Argon-Schutz (Schlenk-Technik). Alle benötigten Lösungsmittel wurden vor Gebrauch durch mehrstündiges Sieden über einem geeigneten Trockenmittel und anschließende Destillation unter Argon absolutiert. Als sphärische, poröse Trägermaterialien wurden Silicas eingesetzt wie z.B. MS-Typen der Fa. PQ Corporation, ES- oder EP-Typen der Fa. Crosfield, oder Silica-Typen 948, 952, 955 der Fa. Grace Davison oder ähnliche.

Die Verbindungen wurden mit  $^1H$ -HMR,  $^{13}C$ -NMR und IR-Spektroskopie charakterisiert.

#### Beispiel 1:

##### Inertisierung des Trägermaterials:

10 g  $SiO_2$  (ES 70, Fa. Crosfield Catalysts, getrocknet bei  $140^\circ C$  und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20%iger Trimethylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man ließ noch 10 Minuten rühren und filtrierte dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial bei  $40^\circ C$  getrocknet.

##### Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:

Parallel dazu wurden 4,5 mg ( $7,2 \mu mol$ ) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid mit  $10 \text{ cm}^3$  30%iger ( $48,1 \text{ mmol}$ )



Methylaluminoxanlösung in Toluol und zusätzlichen  $1,5 \text{ cm}^3$  Toluol vermischt und 15 Minuten gerührt.

1 g des inertisierten Trägermaterials wurde in Toluol resuspendiert und tropfenweise der obigen Metallocen/Methylaluminoxanlösung zugesetzt. Das Reaktionsgemisch wurde 30 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff 3 mal mit  $10 \text{ cm}^3$  Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrückstand wurde für die Polymerisation erneut in  $20 \text{ cm}^3$  Hexan resuspendiert.

**Polymerisation:**

Parallel dazu wurde ein trockener  $16\text{-dm}^3$ -Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit  $10 \text{ dm}^3$  flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden  $3 \text{ cm}^3$  Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit  $30 \text{ cm}^3$  Hexan verdünnt in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei  $30^\circ\text{C}$  15 Minuten gerührt. Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben. Das Reaktionsgemisch wurde auf die Polymerisationstemperatur von  $50^\circ\text{C}$  aufgeheizt ( $4^\circ\text{C}/\text{min}$ ) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei  $50^\circ\text{C}$  gehalten. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von  $20 \text{ cm}^3$  Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgegast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 1,01 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 242 kg PP/g

Metallocen x h.

VZ =  $793 \text{ cm}^3/\text{g}$ ; Schmp. =  $160^\circ\text{C}$ ;  $M_w = 1155000$ ;  $M_w/M_n = 3,2$ ;

SD =  $356 \text{ d}/\text{dm}^3$ .

**Beispiel 2:**

Die Synthese des geträgerten Katalysatorsystems aus Beispiel 1 wurde wiederholt mit dem Unterschied, daß  $5 \text{ cm}^3$  30 %ige (24 mmol) Methylaluminoxanlösung in Toluol und 1,8 mg Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid ( $2,9 \text{ }\mu\text{mol}$  Zr) und 3 g inertisiertes Trägermaterial verwendet wurden.

Die Polymerisation erfolgte analog zu Beispiel 1 bei 70°C. Es resultierten 480 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer.

Die Katalysatoraktivität betrug 267 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 811 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 161°C; M<sub>w</sub> = 1182000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 3,2; SD = 343 g/dm<sup>3</sup>.

#### Beispiel 3:

Die Synthese des geträgerten Katalysatorsystems aus Beispiel 1 wurde wiederholt mit dem Unterschied, daß 70 cm<sup>3</sup> 30 %ige (337 mmol) Methylaluminioxanlösung in Toluol und 2,5 g inertisiertes Trägermaterial und 44,2 mg Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid (70,3 µmol Zr) verwendet und das Reaktionsgemisch 60 Minuten bei Raumtemperatur gerührt wurde. Anschließend wurde der Feststoff abfiltriert und 3 mal mit 50 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen.

Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrerrückstand wurde am Vakuum zu einem frei fließenden, blaßrosa Pulver getrocknet. Man erhielt 5,36 g geträgerten, trockenen Katalysator.

Für die Polymerisation wurden von diesem trockenen Katalysator 2 g (16,5 mg = 26,2 µmol Zr) erneut in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

Die Polymerisation erfolgte analog zu Beispiel 1 bei 70°C.

Es resultierten 3,93 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 238 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 824 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 160°C; M<sub>w</sub> = 1194000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 3,0; SD = 377 g/dm<sup>3</sup>.

#### Beispiel 4:

Inertisierung des Trägermaterials:

10 g SiO<sub>2</sub> (ES 70, Fa. Crosfield Catalysts, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20%iger Triisobutylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man ließ noch

10 Minuten rühren und filtrierte dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial getrocknet.

Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:

Parallel dazu wurden 4,5 mg Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid  $7,2 \mu\text{mol}$  mit  $1 \text{ cm}^3$  30 %iger (4,81 mmol) Methylaluminioxanlösung in Toluol sowie mit zusätzlichen  $2 \text{ cm}^3$  Toluol vermischt und 15 Minuten gerührt. Die in Toluol resuspendierten 1 g inertisierten Trägermaterials wurden nun tropfenweise mit der obigen vorbereiteten Metallocen/Methylaluminioxanlösung in Toluol versetzt.

Das Reaktionsgemisch wurde 30 Minuten bei Raumtemperatur gerührt.

Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff 3 mal mit  $10 \text{ cm}^3$  Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrerrückstand wurde für die Polymerisation erneut in  $20 \text{ cm}^3$  Hexan resuspendiert.

Polymerisation:

Parallel dazu wurde ein trockener  $16\text{-dm}^3$ -Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit  $10 \text{ dm}^3$  flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden  $3 \text{ cm}^3$  Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit  $30 \text{ cm}^3$  Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei  $30^\circ\text{C}$  15 Minuten gerührt. Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von  $50^\circ\text{C}$  aufgeheizt ( $4^\circ\text{C}/\text{min}$ ) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei  $50^\circ\text{C}$  gehalten. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von  $20 \text{ cm}^3$  Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgegast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 895 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug  $199 \text{ kg PP/g}$

Metallocen x h.

VZ =  $812 \text{ cm}^3/\text{g}$ ; Schmp. =  $161^\circ\text{C}$ ;  $M_w = 1188000 \text{ g/mol}$ ;  $M_w/M_n = 3,3$ ;

SD =  $380 \text{ g/dm}^3$ .

**Beispiel 5:**

Die Synthese des geträgerten Katalysatorsystems aus Beispiel 4 wurde wiederholt mit dem Unterschied daß 10 cm<sup>3</sup> 30 %ige Methylaluminioxanlösung in Toluol (48,1 mmol) und 44,2 mg Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylidenyl)zirkoniumdichlorid (70,3 g  $\mu$ mol Zr) und 5 g inertisiertes Trägermaterial verwendet und das Reaktionsgemisch 60 Minuten bei Raumtemperatur gerührt wurde. Anschließend wurde der Feststoff abfiltriert und 3 mal mit 50 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filterrückstand wurde am Vakuum zu einem frei fließenden, blaßrosa Pulver getrocknet. Man erhielt 5,4 g geträgerten trockenen Katalysator.

Für die Polymerisation wurden von diesem trockenen Katalysator 2 g (16,5 mg = 26,2  $\mu$ mol Zr) erneut in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

Das Polymerisation erfolgte analog zu Beispiel 1 bei 70°C.

Es resultierten 3,2 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 194 kg PP/g Metallocen X h. VZ = 907 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 162°C;  $M_w$  = 1329000 g/mol;  $M_w/M_n$  = 3,3; SD = 397 g/dm<sup>3</sup>.

**Beispiel 6:**

Inertisierung des Trägermaterials:

10 g SiO<sub>2</sub> (PQ MS 3030, Fa. PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20%iger Trimethylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man ließ noch 10 Minuten rühren und filtriert dann vom Lösungsmittel ab. Der Filterrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial bei Raumtemperatur getrocknet. Man erhielt 18 g inertisiertes Trägermaterial.

Parallel dazu wurden 4,5 mg (7,2  $\mu$ mol Zr) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylidenyl)zirkoniumdichlorid mit 1 cm<sup>3</sup> 30 %iger (4,81 mmol) Methylaluminioxanlösung in Toluol vermischt und 15 Minuten gerührt.

1 g des inertisierten Trägermaterials wurden in Toluol resuspendiert und tropfenweise mit der obigen Metallocen/Methylaluminioxanlösung versetzt. Das Reaktionsgemisch wurde 30 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff 3 mal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrückstand wurde für die Polymerisation erneut in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

**Polymerisation:**

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt. Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 50°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 50°C gehalten. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 990 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 220 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 868 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 160°C; M<sub>w</sub> = 1275000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 3,4; SD = 386 g/dm<sup>3</sup>.

**Beispiel 7:**

Die Synthese des geträgerten Katalysatorsystems aus Beispiel 1 wurde wiederholt mit dem Unterschied, daß 5 cm<sup>3</sup> 30 %ige (24 mmol) Methylaluminioxanlösung in Toluol und 1,8 mg Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid (2,9 µmol Zr) und 3 g inertisiertes Trägermaterial verwendet wurden.

Die Polymerisation erfolgte analog zu Beispiel 1 bei 70°C. Es resultierten 369 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer.

Die Katalysatoraktivität betrug 205 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 842 cm<sup>3</sup>/g;

Schmp. = 160°C;  $M_w = 1229000$  g/mol;  $M_w/M_n = 3,2$ ;  $SD = 373$  g/dm<sup>3</sup>.

**Beispiel 8:**

10 g SiO<sub>2</sub> (PQ MS 3030, Fa PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20%iger Triisobutylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man läßt noch 10 Minuten rühren und filtriert dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial getrocknet.

**Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:**

Parallel dazu wurden 20 mg (32 µmol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)-zirkoniumdichlorid mit 3 cm<sup>3</sup> 30 %iger (14,43 mmol) Methylaluminioxanlösung sowie weiteren 20 ml Toluol vermischt. Man ließ noch 30 Min. rühren.

5 g des inertisierten Trägermaterials wurden nun tropfenweise unter starkem Rühren mit obiger Metallocen/Methylaluminioxanlösung versetzt und noch 15 Min gerührt. Das Gemisch wurde filtriert und der Feststoff dreimal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen und im Ölpumpenvakuum getrocknet. Anschließend wurden 20 ml Toluol zugegeben und das Katalysatorsystem resuspendiert.

**Polymerisation:**

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt. Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 70°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C gehalten. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgegast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 2,86 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 143 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 946 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 162°C;  $M_w = 1374000$  g/mol;  $M_w/M_n = 3,0$ ; SD = 360 g/dm<sup>3</sup>.

#### Beispiel 9

10 g SiO<sub>2</sub> (PQ MS 3030, Fa PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20 %iger Trimethylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man ließ noch 10 Minuten rühren und filtrierte dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial getrocknet.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt.

#### Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:

20 mg (32 µmol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)-zirkoniumdichlorid wurden mit 3 ml 30 %iger (14,43 mmol)

Methylaluminioxanlösung in Toluol und weiteren 20 ml Toluol vermischt. Bei Raumtemperatur ließ man noch 30 Min. rühren.

Diese Lösung wurde dann tropfenweise zu 5 g inertisiertem Trägermaterial gegeben. Man rührte noch weitere 15 Min. unter.

Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff dreimal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrerrückstand wurde für die Polymerisation erneut in 20 cm<sup>3</sup> Toluol resuspendiert.

Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 20°C aufgeheizt (4°C/min) und das Poly-

merisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C aufgeheizt. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgegast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 2,94 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 147 kg PP/Kg Metalocen x h. VZ = 842 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 160°C,  $M_w = 1217000$  g/mol;  $M_w/M_n = 2,9$ ; SD = 356 g/dm<sup>3</sup>.

#### Beispiel 10

10 g SiO<sub>2</sub> (PMQS 3030, Fa PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20 %iger Triisobutylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man ließ noch 10 Minuten rühren und filtrierte dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial getrocknet.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt.

#### Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:

20 mg (32 µmol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)-zirkoniumdichlorid wurden mit 3 ml 30 %iger (14,43 mmol)

Methylaluminioxanlösung in Toluol und weiteren 20 ml Toluol vermischt. Bei Raumtemperatur ließ man noch 60 Min. rühren. Diese Lösung wurde dann tropfenweise zu 2 g inertisiertem Trägermaterial gegeben. Man rührte noch weitere 15 Min.

Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff einmal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende hexanfeuchte Rückstand wurde im



Ölpumpenvakuum getrocknet und dann in 20 cm<sup>3</sup> Toluol resuspendiert.

Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 20°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C aufgeheizt. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgegast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 3,26 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 163 kg PP/g.

VZ = 910 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 162°C; M<sub>w</sub> = 1323000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 3,0; SD = 340 g/dm<sup>3</sup>.

#### Beispiel 11

10 g SiO<sub>2</sub> (PMQS 3030, Fa PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20 %iger Trimethylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man läßt noch 10 Minuten rühren und filtriert dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial getrocknet.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt.

#### Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:

20 mg (32 µmol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)-zirkonumdichlorid wurden mit 3 ml 30 %iger (14,43 mmol) Methylaluminioxanlösung in Toluol und weiteren 20 ml Toluol vermischt. Bei

Raumtemperatur ließ man noch 30 Min. rühren.

Diese Lösung wurde dann tropfenweise zu 2 g inertisiertem Trägermaterial gegeben. Man rührte noch weitere 15 Min.

Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff einmal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende hexanfeuchte Rückstand wurde im Ölpumpenvakuum getrocknet und dann in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 20°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C aufgeheizt. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 3,3 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 165 kg PP/g.

VZ = 874 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 160°C; M<sub>w</sub> = 1254000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 2,9; SD = 375 g/dm<sup>3</sup>.

#### Beispiel 12

10 g SiO<sub>2</sub> (PMQS 3030, Fa PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden tropfenweise unter Rühren langsam mit 40 ml 20 %iger Trimethylaluminiumlösung in Varsol versetzt. Es wurde dann soviel Toluol zugesetzt, daß eine leicht rührbare Suspension entstand. Man ließ noch 10 Minuten rühren und filtrierte dann vom Lösungsmittel ab. Der Filtrerrückstand wurde noch zweimal mit 10 ml Toluol gewaschen. Im Ölpumpenvakuum wurde das so vorbehandelte Trägermaterial getrocknet.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt.

**Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:**

20 mg (32  $\mu$ mol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)-zirkoniumdichlorid wurden mit 3 ml 30 %iger (14,43 mmol) Methylaluminoxanlösung in Toluol und weiteren 6 ml Toluol vermischt. Bei Raumtemperatur ließ man noch 30 Min. rühren. Diese Lösung wurde dann tropfenweise zu 2 g inertisiertem Trägermaterial gegeben. Man rührte noch weitere 15 Min. und resuspendierte das Katalysatorsystem in 20 ml Toluol.

Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 20°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C aufgeheizt. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 3,42 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 171 kg PP/g.  $VZ = 868 \text{ cm}^3/\text{g}$ ; Schmp. = 161°C;  $M_w = 1254000 \text{ g/mol}$ ;  $M_w/M_n = 3,2$ ;  $SD = 360 \text{ g/dm}^3$ .

Als Vergleichsbeispiele 1 bis 3 wurden die Beispiele 3, 4 und 5 aus der Patentanmeldung EP 576 970 A1 in die Beschreibung aufgenommen.

**Vergleichsbeispiel 1:**

22 cm<sup>3</sup> der Suspension des "MAO auf SiO<sub>2</sub>" (49 mmol Al) wurden unter Argon in eine G3-Schlenkfritte eingefüllt und mit einer Lösung von 4,5 mg Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkondichlorid in 10 cm<sup>3</sup> Toluol (7,2  $\mu$ mol Zr) versetzt.

Das Reaktionsgemisch wurde 30 Minuten bei Raumtemperatur gerührt, wobei eine spontane Farbänderung nach rot allmählich verblaßte. Anschließend wurde

das Gemisch filtriert und der Feststoff 3 mal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrerrückstand wurde für die Polymerisation erneut in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt. Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 50°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 50°C gehalten. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgegast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 300 g Polypropylen- Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 67 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 1380 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 156°C.

#### Vergleichsbeispiel 2:

Die Synthese des geträgerten Katalysatorsystems aus Vergleichsbeispiel 1 wurde wiederholt mit dem Unterschied, daß 13 cm<sup>3</sup> (29 mmol Al) der Suspension "MAO auf SiO<sub>2</sub>" und 1,8 mg rac-5 (2,9 µmol Zr) verwendet wurden.

Die Polymerisation erfolgte analog zu Vergleichsbeispiel 1 bei 70°C. Es resultierten 420 g Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 233 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 787 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 149,5°C.

#### Vergleichsbeispiel 3:

Die Synthese des geträgerten Katalysatorsystems aus Vergleichsbeispiel 1 wurde wiederholt mit dem Unterschied, daß 150 cm<sup>3</sup> (335 mmol Al) der Suspension "MAO auf SiO<sub>2</sub>" und 44,2 mg rac-5 (70,3 µmol Zr) verwendet und das Reaktionsgemisch 60 Minuten bei Raumtemperatur gerührt wurde.

Anschließend wurde der Feststoff abfiltriert und 3 mal mit 50 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrerrückstand wurde am Vakuum zu einem frei fließenden, blaßrosa Pulver getrocknet. Man erhielt 33,3 g geträgerten, trockenen Katalysator.

Für die Polymerisation wurden von diesem trockenen Katalysator 2,98 g (4 mg = 6,3 µmol Zr) erneut in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

Die Polymerisation erfolgte analog zu Vergleichsbeispiel 1 bei 70°C.

Es resultierten 1,05 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 263 kg PP/g Metallocen x h. VZ = 944 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 156°C.

#### Vergleichsbeispiel 4:

Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems:

6,5 cm<sup>3</sup> der Suspension "MAO auf SiO<sub>2</sub>" (14,4 mmol Al) wurden in eine G3-Schlenkfritte eingefüllt und mit einer Lösung von 20 mg (32 µmol)

Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)-zirkoniumdichlorid in 10 cm<sup>3</sup>

Toluol und weiteren 20 ml Toluol vermischt. Bei Raumtemperatur ließ man noch 30 Min. rühren.

Anschließend wurde das Gemisch filtriert und der Feststoff dreimal mit 10 cm<sup>3</sup> Hexan gewaschen. Der verbleibende, hexanfeuchte Filtrerrückstand wurde für die Polymerisation erneut in 20 cm<sup>3</sup> Hexan resuspendiert.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden 3 cm<sup>3</sup> Triisobutylaluminium (pur, 12 mmol) mit 30 cm<sup>3</sup> Hexan verdünnt in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt.

Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 20°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C aufgeheizt. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige

Monomer wurde abgast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 3,45 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 172 kg PP/g Metallocen x h. Schmp. = 149°C; VZ = 872 cm<sup>3</sup>/g; M<sub>w</sub> = 1290000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 2,9; SD = 410 g/dm<sup>3</sup>.

#### Vergleichsbeispiel 5:

##### Herstellung des geträgerten Katalysatorsystems

5 g SiO<sub>2</sub> (PQMS 3030, Fa PQ Corporation, getrocknet bei 140°C und 10 mbar) wurden in 30 ml Toluol suspendiert und mit obiger Metallocen/MAO/Toluol-Lösung versetzt.

20 mg (32 µmol) Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylidenyl)-zirkoniumdichlorid wurden mit 3 ml 30 %iger (14,43 mmol) Methylaluminoxanlösung in Toluol und weiteren 10 ml Toluol vermischt. Bei Raumtemperatur ließ man noch 30 Min. rühren.

Parallel dazu wurde ein trockener 16-dm<sup>3</sup>-Reaktor zunächst mit Stickstoff und anschließend mit Propylen gespült und mit 10 dm<sup>3</sup> flüssigem Propylen befüllt. Dann wurden anstatt 3 cm<sup>3</sup> 13 cm<sup>3</sup> 20 %ige Triisobutylaluminiumlösung in Vargol, in den Reaktor gegeben und der Ansatz bei 30°C 15 Minuten gerührt.

Anschließend wurde die Katalysator-Suspension in den Reaktor gegeben, auf die Polymerisationstemperatur von 20°C aufgeheizt (4°C/min) und das Polymerisationssystem 1 h durch Kühlung bei 70°C aufgeheizt. Gestoppt wurde die Polymerisation durch Zusatz von 20 cm<sup>3</sup> Isopropanol. Das überschüssige Monomer wurde abgast, das Polymer im Vakuum getrocknet.

Es resultierten 3,58 kg Polypropylen-Pulver. Der Reaktor zeigte keine Beläge an Innenwand oder Rührer. Die Katalysatoraktivität betrug 179 kg PP/g. VZ = 910 cm<sup>3</sup>/g; Schmp. = 149°C; M<sub>w</sub> = 13280000 g/mol; M<sub>w</sub>/M<sub>n</sub> = 3,3;

SD = 95 g/dm<sup>3</sup>.

Aus der nachstehend aufgeführten Tabelle 2 geht hervor welche Beispiele mit welchen Vergleichsbeispielen verglichen werden.

Tabelle 2

Beispiele	Vergleichsbeispiel
1, 4, 6	1
2, 7	2
3, 5	3
8, 9, 10, 11, 12	4, 5

Aus der nachstehend aufgeführten Tabelle 3 gehen die charakteristischen Daten des Katalysatorsystems und der erhaltenen Polymere hervor.

Tabelle 3

Beispiele (B)/ Vergleichs- Beispiele (V)	Kat. Activ <sup>1)</sup>	VZ <sup>2)</sup>	Schmp. <sup>3)</sup>	M <sub>w</sub> <sup>3)</sup>	M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> <sup>5)</sup>	SD <sup>6)</sup>	TT <sup>7)</sup>	RI <sup>8)</sup>
B1	242	793	160	1155000	3,2	356	98,2	0,09
B2	267	811	161	1182000	3,2	343	98,7	0,09
B3	238	824	160	1194000	3,0	377	98,2	0,11
B4	199	812	161	1188000	3,3	380	99,3	0,10
B5	194	907	162	1329000	3,3	397	99,5	0,07
B6	220	868	160	1275000	3,4	386	98,5	0,08
B7	205	842	160	1229000	3,2	373	98,2	0,09
B8	143	946	162	1374000	3,0	360	99,5	0,06
B9	147	842	160	1217000	2,9	356	98,9	0,10
B10	163	910	162	1323000	3,0	340	99,1	0,09
B11	165	874	160	1254000	2,9	375	99,2	0,11
B12	171	868	161	125000	3,2	360	98,5	0,06
V1	67	1380	156	-	-	-	-	-
V2	223	787	149,5	-	-	-	-	-
V3	263	944	156	-	-	-	-	-
V4	172	872	149	1290000	2,9	410	94,7	0,43
V5	179	910	149	1328000	3,3	395	95,4	0,49

- 1) Katalysatoraktivität in kg PP/g Metallocen xh
- 2) Viskositätszahl in cm<sup>3</sup>/g
- 3) Schmelzpunkt in °C; ermittelt mit DSC, 20°C/min Aufheiz-/Abkühlgeschwindigkeit; zweites Heizen
- 4) Molmassengewichtsmittel in g/mol; ermittelt durch Gelpermeationschromatographie
- 5) Polydispersität
- 6) Polymerschüttdichte in g/dm<sup>3</sup>



- 7) Triaden-Taktizität  $TT = mm/(mm + mr + rr) \cdot 100$  in %; ermittelt durch  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektroskopie
- 8) Regiofehler in %; ermittelt durch  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektroskopie

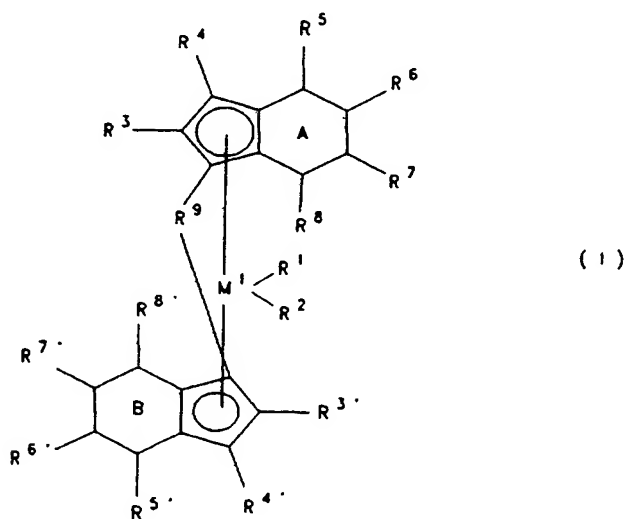
Der Vergleich zwischen den erfindungsgemäß durchgeführten Beispielen B1 bis B12 und den nach dem Stand der Technik durchgeführten Beispielen V1 bis V4 zeigte folgende Vorteile der Erfindung.

1. Es wurden erfindungsgemäße Polymere mit Schmelzpunkten von  $160^{\circ}\text{C}$  bis  $162^{\circ}\text{C}$  im Vergleich zu  $149^{\circ}\text{C}$  bis  $156^{\circ}\text{C}$  erhalten.
2. Der Anteil an 2-1-insertierten Propeneinheiten (RI) war in den erfindungsgemäßen Polymeren deutlich niedriger.

Der Vergleich zwischen den Beispielen B1 bis B12 und Vergleichsbeispiel V5 zeigte, daß Polymere mit hohen Schmelzpunkten ( $\geq 160^{\circ}\text{C}$ ) nur bei Verwendung von inertisiertem Trägermaterial erhalten wurden.

## Patentansprüche:

1. Katalysatorsystem, enthaltend mindestens ein Metallocen und mindestens einen inertisierten Träger.
2. Katalysatorsystem nach Anspruch 1 herstellbar, in dem mindestens ein Träger inertisiert und mit mindestens einem Metallocen zusammengegeben wird.
3. Katalysatorsystem nach Anspruch 1 oder 2, enthaltend mindestens ein Metallocen mit der allgemeinen Formel I

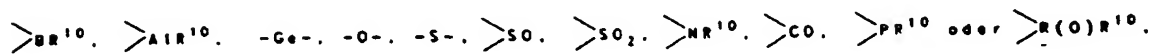
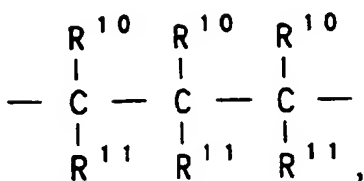
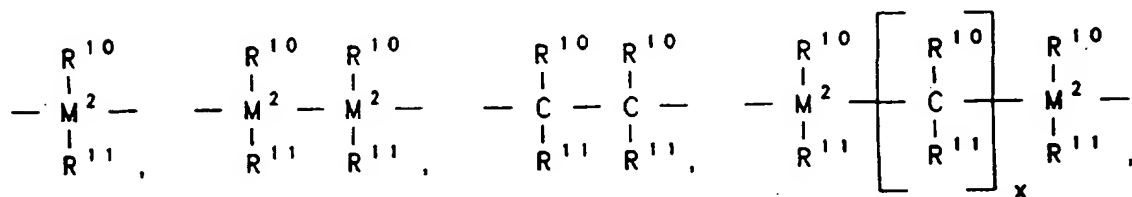
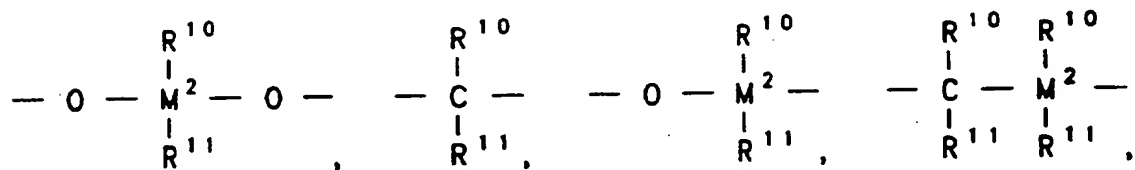


worin

$M^1$  ein Metall der Gruppe IVb des Periodensystems der Elemente ist,  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkylgruppe, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxygruppe, eine  $C_6$ - $C_{20}$ -Arylgruppe, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryloxygruppe, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenylgruppe, eine OH-Gruppe, eine  $NR^{12}_2$ -Gruppe, wobei  $R^{12}$  eine  $C_1$  bis  $C_2$  Alkylgruppe oder  $C_6$  bis  $C_{14}$ -Arylgruppe ist, oder ein Halogenatom bedeuten,

$R^3$  bis  $R^8$  und  $R^{3'}$  bis  $R^{8'}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, eine  $C_1$ - $C_{40}$ -Kohlenwasserstoffgruppe, die linear, cyclisch oder verzweigt sein kann, z.B. eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkylgruppe,  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenylgruppe,  $C_6$ - $C_{20}$ -Arylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylarylgruppe oder eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe, bedeuten, oder benachbarte Reste  $R^4$  bis  $R^8$  und/oder  $R^{4'}$  bis  $R^{8'}$  mit den sie verbindenden Atomen ein Ringsystem bilden,

**R<sup>9</sup> eine Verbrückung bedeutet, bevorzugt**



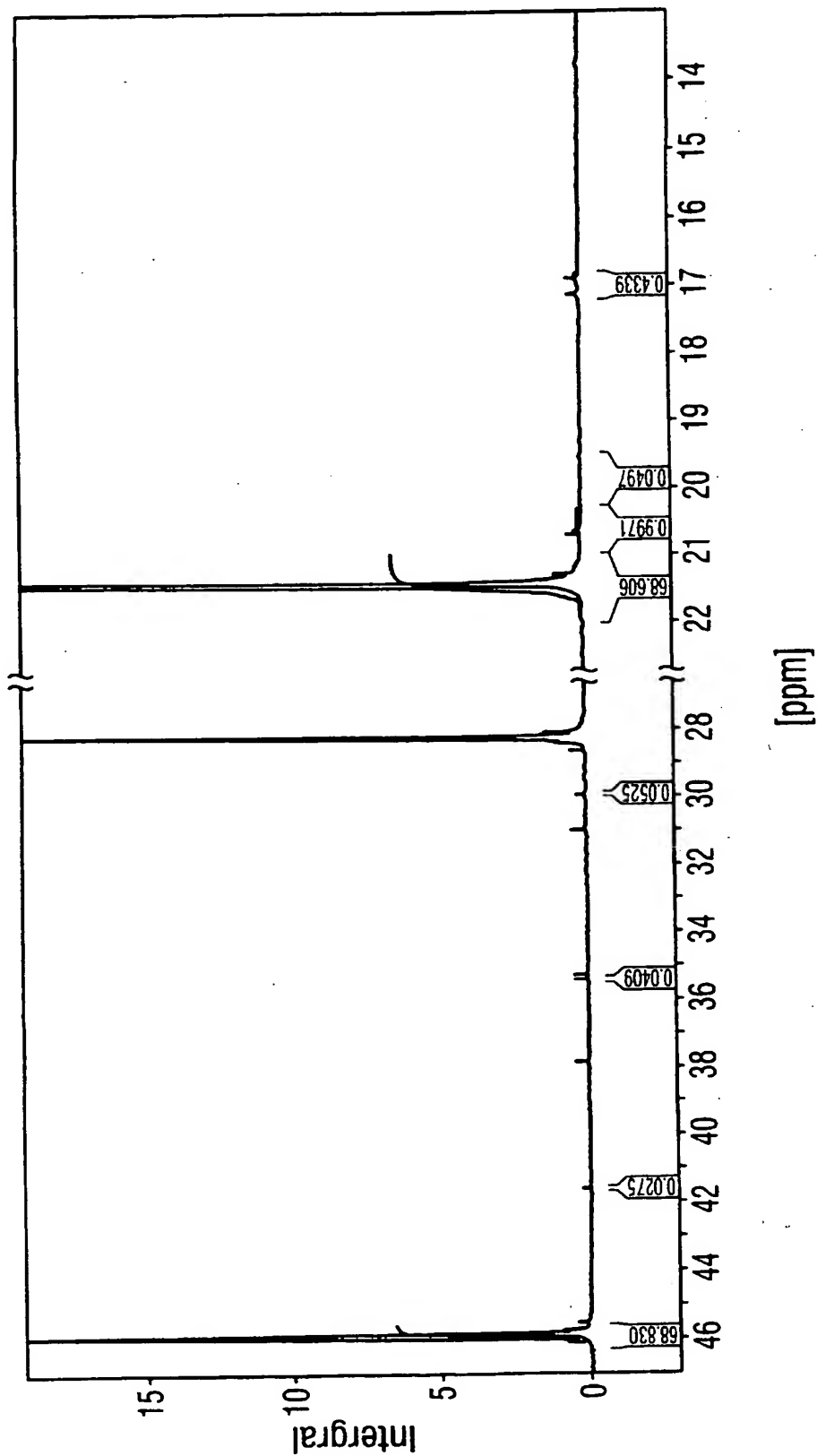
wobei  $R^{10}$  und  $R^{11}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom oder eine  $C_1$ - $C_{40}$ -kohlenstoffhaltige Gruppe ist wie eine  $C_1$ - $C_{20}$ -Alkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Fluoralkyl-, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxy-, eine  $C_6$ - $C_{14}$ -Aryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Fluoraryl-, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryloxy-, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkyl-, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylaryl-, oder eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe oder  $R^{10}$  und  $R^{11}$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen oder mehrere Ringe bilden und x eine ganze Zahl von Null bis 18 ist,  $M^2$  Silizium, Germanium oder Zinn ist, und die Ringe A und B gleich oder verschieden gesättigt oder ungesättigt sind.  $R^9$  kann auch zwei Einheiten der Formel I miteinander verknüpfen.

4. Katalysatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 3, enthaltend mindestens ein Metallocen ausgewählt aus Dimethylsilandiylbis(2-methyl-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4- $\alpha$ -acenaphth-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzo-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropyl-indenyl)zirkoniumdichlorid.
5. Katalysatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 4, enthaltend mindestens einen Cokatalysator.
6. Katalysatorsystem nach den Ansprüchen 1 bis 5, enthaltend mindestens ein inertisiertes, anorganisches Oxid.
7. Verfahren zur Herstellung eines Katalysatorsystems nach Anspruch 1 bis 6, wobei mindestens ein Träger inertisiert und mit mindestens einem Metallocen zusammengegeben wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines Katalysatorsystems nach Anspruch 1 bis 6, wobei mindestens ein anorganisches Oxid inertisiert und mit mindestens einem Metallocen und mindestens einem Cokatalysator vermischt wird.
9. Inertisierter Träger, enthaltend ein Produkt aus einem oder mehreren anorganischen Oxiden, bevorzugt Siliziumoxid und/oder Aluminiumoxid und einer metallorganischen, bevorzugt aluminiumorganischen Verbindung.
10. Inertisierter Träger herstellbar, in dem mindestens ein anorganisches Oxid, bevorzugt Siliziumoxid und/oder Aluminiumoxid mit mindestens einer metallorganischen, bevorzugt aluminiumorganischen Verbindung, bevorzugt in einem organischen Lösungsmittel inertisiert wird.
11. Verfahren zur Herstellung eines inertisierten Trägers nach Anspruch 9 oder 10, wobei mindestens ein anorganisches Oxid, bevorzugt Siliziumoxid und/oder Aluminiumoxid mit mindestens einer metallorganischen, bevorzugt aluminiumorganischen Verbindung, bevorzugt in einem organischen Lösungsmittel inertisiert wird.
12. Polymer enthaltend polymerisierte Monomereinheiten von  $C_3$  bis  $C_{20}$ -Olefinen mit einem Anteil an Regiofehlern  $< 0,2 \%$  und einer Triadentaktizität  $> 98,0 \%$ .
13. Polymer nach Anspruch 12 mit einem Schmelzpunkt  $\geq 158^\circ C$ .
14. Polymer herstellbar durch Polymerisation in Gegenwart eines Katalysatorsystems.

15. Verfahren zur Herstellung eines Polymers in Gegenwart eines Katalysatorsystems.
16. Extrusions- und Spritzgußartikel sowie Polymerlegierungen enthaltend mindestens ein Polymer.
17. Verwendung eines Katalysatorsystems zur Herstellung von Polymeren mit niedrigem Anteil an Regiofehlern und/oder hohem Schmelzpunkt.
18. Verwendung eines inertisierten Trägers für die Herstellung eines Katalysatorsystems.
19. Verwendung eines Polymeren mit niedrigem Anteil an Regiofehlern und/oder hohem Schmelzpunkt zur Herstellung von Extrusions- und Spritzgußartikeln sowie Polymerlegierungen.

1 / 2

**Fig. 1:** Ausschnitte eines  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrums eines Polypropylens nach Beispiel 12

2 / 2

**Fig. 2:** Ausschnitte eines  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektrums eines Polypropylens nach Beispiel 4